

# Aplicación del FCI a estudiantes de ingeniería de Bogotá: una interpretación de los resultados mediante un modelo aleatorio de dos niveles

(Application of FCI at engineering students in Bogota: an interpretation of the answers through a random model of two levels)

Paco Talero<sup>1</sup>, Orlando Organista<sup>1</sup> y Luis Barbosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Física y Matemática, Dpt de Ciencias Naturales, Universidad Central, Bogotá Colombia

Se aplicó el FCI a 646 estudiantes de ingeniería de Bogotá justo al comenzar su primer curso de física, se encontró que la frecuencia relativa del número de preguntas correctas obedece a un modelo aleatorio de dos niveles y no a modelos mentales correctos sobre el mundo físico.

**Palavras-chave:** Bogotá, FCI, modelo aleatorio.

We applied the FCI to 646 engineering students from Bogota when they began your first year physics, we found that the relative frequency of the number of correct answers has a random pattern of two levels, also we found that they don't have clear mental models about physical world.

## 1. Introducción

Desde su aparición en 1992 el FCI (Force Concept Inventory) ha sido una herramienta fundamental en diversas investigaciones en enseñanza de la física [1–6]. El FCI es un cuestionario compuesto por 30 preguntas de selección múltiple con una única respuesta correcta y cuatro opciones que corresponden al pensamiento común, indaga por el pensamiento Newtoniano a nivel conceptual y está dividido en seis bloques: cinemática, primera ley, segunda ley, tercera ley, principio de superposición y los tipos de fuerza. Este instrumento ha sido adaptado y aplicado en varios países con diversos objetivos de investigación [1, 4]. Sin embargo, no se conocían estudios sobre el pensamiento Newtoniano indagados mediante el FCI en estudiantes de ingeniería de Bogotá Colombia.

En la sección (2) se detalla la aplicación del FCI en estudiantes de ingeniería de Bogotá y se muestra la frecuencia relativa del número de preguntas correctas, en la sección (3) se plantea el modelo aleatorio de dos respuestas y se confronta con los resultados obtenidos en el trabajo de campo, final-

mente en la sección (4) se muestran las conclusiones.

## 2. Trabajo de campo

Con el objetivo de sondear el pensamiento Newtoniano de manera conceptual en estudiantes de ingeniería de Bogotá se aplicó durante el primer semestre del año 2012 el FCI<sup>1</sup> a 786 estudiantes de 8 universidades que imparten algún programa de ingeniería. La aplicación del cuestionario se realizó con autorización formal de las directivas y profesores, se aplicó tanto al inicio como al final del primer curso de física impartido en cada universidad, el cuestionario fue aplicado algunas veces por el profesor del curso o su monitor y otras directamente por los investigadores.

Los resultados de la investigación arrojaron una fuerte heterogeneidad marcada por la presencia de dos grupos de estudiantes con desempeños marcadamente diferentes. El primero constó de

<sup>1</sup>Traducción y adaptación de los profesores Genaro Zabala y Julio Venegas

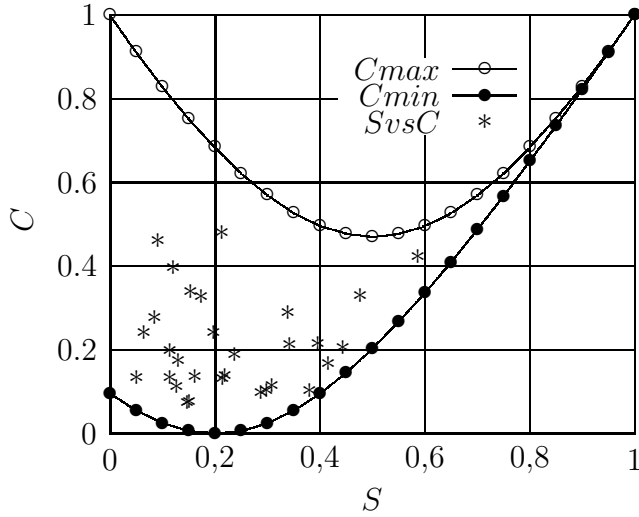


Figura 1: Análisis de concentración de todas las preguntas del FCI.

140 estudiantes en los cuales se observó alta coherencia en sus respuestas permitiendo tomar al FCI como un instrumento confiable para indagar por las preconcepciones y la evolución del aprendizaje, el segundo se conformó de 646 estudiantes que se caracterizó por exhibir respuestas con bajo puntaje y baja concentración que hacen del FCI un instrumento poco confiable desde el punto de vista de la teoría clase del test (TCT). Este artículo se enfoca en el estudio de algunas características de este último grupo.

Del análisis de concentración contra puntaje mostrado en la Fig.1 se puede deducir que el 53,3 % de las preguntas se respondieron sin modelo mental alguno, es decir al azar, un 34,4 % con predominio de dos modelos erróneos y tan sólo un 13,3 % de las preguntas se respondieron con la mezcla de un modelo correcto y uno incorrecto. Así mismo, se puede ver que el 96,7 % de las preguntas se respondió con un puntaje menor a 0,5 lo que implica que mucho más de la mitad de la muestra respondió de manera incorrecta a más de la mitad de las preguntas.

De otra parte la frecuencia relativa  $f_R$  del número de preguntas correctamente respondidas se muestra en la Fig.2. Aquí se observa que el número de preguntas correctas que la muestra responde con mayor frecuencia es 6 y que más de 15 preguntas

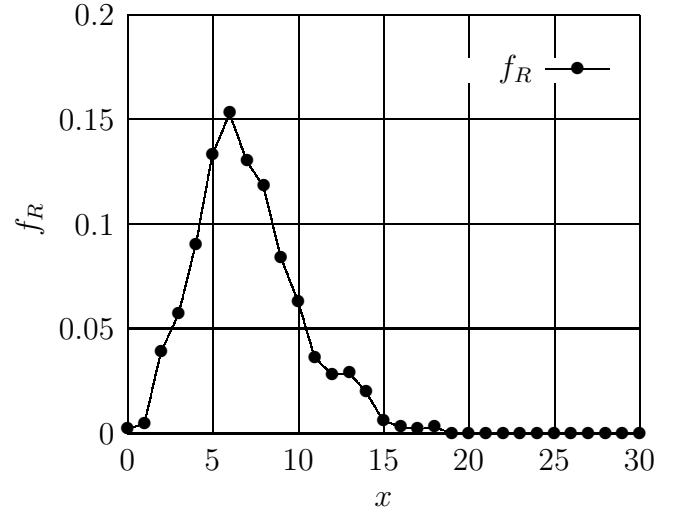


Figura 2: Frecuencia relativa del número de preguntas correctas.

correctas no son respondidas. También se observa que  $f_R$  es parecida a una distribución de probabilidad binomial con media 6 y con probabilidad de éxito de 0,2, lo que permite entender al menos en parte el comportamiento aleatorio mostrado en el análisis de concentración, ver Fig.1.

### 3. Modelo aleatorio de dos niveles

De acuerdo con la sección anterior los estudiantes en estudio no manifiestan de manera significativa modelos mentales correctos sobre los conceptos físicos asociada al mundo Newtoniano, sino que su enfoque de respuestas es aleatorio con pocos sesgos hacia las ideas comunes y mucho menos hacia las ideas físicamente correctas.

El modelo aleatorio de dos niveles consiste en lo siguiente: dados  $N_e$  estudiantes una proporción  $N_{inf}$  responden el cuestionario con probabilidad de acierto  $p_{inf}$  en cada pregunta y otra proporción  $N_{sup}$  responden el cuestionario con probabilidad  $p_{sup}$  de acierto en cada pregunta, es decir el modelo considera que hay sólo dos tipos de estudiantes cada uno con niveles diferentes de responder correctamente.

El modelo se materializó mediante la técnica de Montecarlo [7]. Al ejecutarlo con los parámetros mostrados en la tabla 1 se encontró que la frecuencia relativa  $p$  simulada mediante Montecarlo tiene buen acuerdo con la obtenida en el trabajo de campo, en la Fig.3 se puede observar una máxima discrepancia entre el modelo y los datos de campo que corresponden aproximadamente al 2% y se encuentra en el porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente 7 preguntas.

Tabla 1: Parámetros

$N_e$	$N_{inf}$	$N_{sup}$	$p_{inf}$	$p_{sup}$
10000	0,53	0,47	0,2	0,25

Cabe anotar que el planteamiento del modelo tiene una formulación equivalente a la siguiente: la muestra está compuesta por un 53 % de estudiantes que responden sin modelo alguno eligiendo alguna de las cinco opciones con la misma probabilidad y de un 47 % de estudiantes que con certeza descartan una opción o modelo y los demás los responden al azar con igual probabilidad. Claro, este modelo describe muy aproximadamente el comportamiento real de la muestra y presenta algunas leves diferencias con los resultados de campo especialmente en  $x = 7$  y  $x = 13$ , aún así los resultados son bastante confiables.

## 4. Conclusiones

Se presentó un modelo aleatorio de dos niveles que mostró un muy buen acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el FCI a 646 estudiantes de ingeniería de Bogotá, de acuerdo con esto resulta claro que los estudiantes de la muestra respondieron el FCI fundamentalmente al azar. Esto implica que para esta muestra el FCI no es un instrumento del todo confiable desde el punto de vista de la TCT. De otro lado, el modelo no permite conocer la razón por la cual globalmente las respuestas tienen carácter aleatorio, esto podría darse ya sea por el completo desconocimiento de los fenómenos físicos o por el desinterés al presentar la prueba, entre otras causas en principio desconocidas.

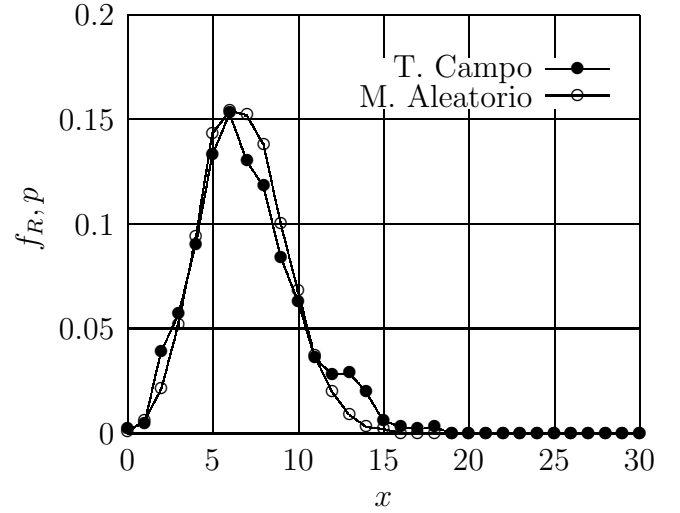


Figura 3: Confrontación del modelo con los resultados del trabajo de campo.

Las perspectivas de este modelo están enfocadas a la interpretación de los resultados de una prueba tipo FCI en términos de respuestas aleatorias de cada pregunta, así al controlar el número de niveles, el porcentaje de la muestra en los diversos niveles y la probabilidad de acierto asociada a cada nivel, se espera reproducir algunas frecuencias relativas extraídas directamente de los datos del trabajo de campo. Esto trae como consecuencia la hipótesis de que los estudiantes responden siempre al azar este tipo de cuestionarios pero en diversos niveles de probabilidad, además que una medida del desempeño es la cuantificación de la tendencia de la probabilidad a 1.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Central por el tiempo y los recursos asignados al proyecto de investigación: Medición de indicadores de aprendizaje de la física introductoria en estudiantes de ingeniería de universidades de Bogotá, la cual se realizó durante el año 2012.

## Referencias

- [1] C. Mora and D. Herrera, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 72 (2009).
- [2] <http://www.compadre.org/>, consultado el 10/23/2012
- [3] L. Bao and E. Redish, Am. J. Phys. **69**, 45 (2001).
- [4] L. Bao, K. Hogg and D. Zollman, Am. J. Phys. **70**, 777 (2002).
- [5] J. Benegas, Lat. Am. J. Phys. Educ. **1**, 32 (2007).
- [6] D. Hestenes, M. Wells and G. Swackhamer, The physics teacher. **30**, 141 (1992).
- [7] S. Tsaia and D. P. Landau, Am. J. Phys. **76**, 445 (2008).